

51

A2

152

10

11

21

22

43



31

154

©

④

2

6

DT 1811732

Dr. Herbert S.
Patentsanwalt

PHN. 2904
Va/AvdV

Anmelder: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Akts No.: PHN-2904
Anmeldung vom: 28. Nov. 1968

"Vorrichtung zum Detektieren der Lage der Polarisations-
ebene eines linear polarisierten Strahlungsbündels".

- - -

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum
Detektieren der Lage der Polarisations-ebene eines linear polarisierten
Strahlungsbündels mit Hilfe eines strahlungsempfindlichen Detektions-
systems.

In einer bekannten Vorrichtung dieser Art wird die
Intensität der Strahlung nach Durchgang durch einen Analysator
gemessen. Diese Intensität ist ein Mass für die Lage der Polarisations-
ebene.

909827/1347

BAD ORIGINAL

In einer anderen bekannten Vorrichtung dieser Art ist im Strahlengang ein Strahlungsteiler angeordnet, der das Bündel in zwei Teilbündel teilt, während im Gang jedes der Teilbündel ein Polarisator angebracht ist, derart, dass die Polarisationsrichtungen der beiden Polarisatoren einen scharfen Winkel miteinander einschliessen. Das polarisierte Strahlungsbündel wird vom Strahlungsteiler, der z.B. durch einen Teilspiegel gebildet wird, in zwei gleiche Teile geteilt. Jedes der Teilbündel fällt auf einen Polarisator, der nur diejenige Komponente der auffallenden Strahlung durchlässt, die in der Polarisationsrichtung des betreffenden Polarisators polarisiert ist. Schliessen die Polarisationsrichtungen der Polarisatoren miteinander einen Winkel von 45° ein, so ist die Summe der Quadrate der von jedem Polarisator durchgelassenen Strahlungsmenge konstant. Fällt die Strahlung auf einen quadratischen Detektor, so sind die aus dem Detektor austretenden Signale dem Quadrat der Amplitude der auf den betreffenden Detektor auffallenden Strahlung proportional. Wenn das aus dem Detektor austretende elektrische Signal, gegebenenfalls nach Verstärkung, an die waagerechten bzw. senkrechten Ablenkplatten einer Kathodenstrahlröhre angelegt wird, wird auf dem Schirm der Röhre ein Punkt abgebildet, der auf einem Kreis liegt, der völlig durchlaufen wird, wenn die Polarisationsrichtung des linear polarisierten Strahlungsbündels sich um 180° gedreht hat.

Die bekannten Detektionsvorrichtungen haben den Nachteil, dass nur verhältnismässig schnelle Änderungen der Lage der Polarisationsebene des linear polarisierten Strahlungsbündels

909827/1347

BAD ORIGINAL

gemessen werden können. Denn wenn sich die Lage der Polarisations-ebene nicht oder nur langsam ändert, ist das Ausgangssignal des strahlungsempfindlichen Detektionssystems eine Gleichspannung oder eine sich langsam ändernde Spannung. Diese Gleichspannung bzw. sich langsam ändernde Spannung muss verarbeitet werden, was Schwierigkeiten mit sich bringt.

Die Erfindung hat den Zweck, die Vorrichtung der obenerwähnten Art auch für langsame Änderungen der Lage der Polarisations-ebene geeignet zu machen. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang eine Reihenschaltung mindestens dreier doppelbrechender Elemente angeordnet ist, von denen wenigstens eines ein elektro-optischer Kristall ist, wobei die gegenseitige Orientierung dieser Elemente und die an die Kristalle angelegten elektrischen Spannungen geeignet gewählt sind. Auf diese Weise wird eine dynamische Detektion eines statischen oder quasistatischen Zustandes erhalten.

Vorzugsweise besteht die Reihenschaltung aus zwei $\lambda/4$ -Platten, die eine gleiche Orientierung haben und zwischen denen ein elektro-optischer Kristall angeordnet ist, dessen Orientierungsrichtung mit den Orientierungsrichtungen der $\lambda/4$ -Platten einen Winkel von 45° einschliesst und an den eine geeignete elektrische Wechselspannung angelegt ist.

Als elektro-optische Kristalle werden vorzugsweise Kristalle verwendet, die den Pockels-Effekt aufweisen. Bei diesen Kristallen ist die Doppelbrechung eine lineare Funktion der an die Kristalle angelegten Spannung. Ein Beispiel eines derartigen

909827/1347

Kristalles ist der sogenannte KDP-Kristall, der sehr stabil und leicht zu handhaben ist. Die dielektrischen Eigenschaften eines KDP-Kristalls lassen hohe Frequenzen und hohe Spannungen zu. Ein derartiger Kristall kann somit bei einer hohen Frequenz tief moduliert werden.

Weiterhin können Kristalle gewählt werden, die eine Doppelbrechung aufweisen, die dem Quadrat der angelegten Spannung proportional ist. Ein Beispiel eines derartigen Kristalles ist der sogenannte KTN-Kristall. Wird an einen derartigen Kristall eine Spannung angelegt, die die Summe einer Gleichspannung und einer kleinen Wechselspannung ist, so ist die Doppelbrechung mit der Wechselspannung nahezu linear.

Wenn polarisierte Strahlung durch die oben erwähnten Kristalle hindurchfällt, ändert sich der Polarisationszustand der Strahlung, und zwar derart, dass bei sich ändernder Spannung am Kristall sich der Polarisationszustand der durchgelassenen Strahlung ändert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend an Hand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung nach der Erfindung,

Figuren 2a, 2b und 3 geometrische Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungsweise der Vorrichtung nach Fig. 1,

Fig. 4 eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Verarbeitung der aus der Vorrichtung nach Fig. 1 austretenden Signale,

Fig. 5 eine zweite Ausführungsform einer Vorrichtung nach der Erfindung, und

909827/1347

Figuren 6a, 6b und 6c geometrische Darstellungen zur Erläuterung der Wirkungsweise der Vorrichtung nach Fig. 5.

In der Vorrichtung nach Fig. 1 bezeichnet 1 eine Lichtquelle, die z.B. ein Saccharimeter ist. Die von der Lichtquelle 1 ausgehende und von der Linse 2 in ein paralleles Bündel umgewandelte linear polarisierte Strahlung fällt auf die Reihenschaltung einer $\lambda/4$ -Platte 4, eines KDP-Kristalls 5 und einer $\lambda/4$ -Platte 6 auf. Die Hauptrichtungen 7 und 9 der $\lambda/4$ -Platten 4 und 5 sind zueinander parallel, während die Hauptrichtung 8 des Kristalls 5 mit den Hauptrichtungen der Platten 4 und 6 einen Winkel von 45° einschliesst.

An den Kristall 5 wird eine Wechselspannung $V = V_0 \sin \omega t$ angelegt, derart, dass die von der Spannung im Kristall erzeugte Feldstärke zu der Fortpflanzungsrichtung der Strahlung im Kristall parallel ist.

Der Polarisationszustand des aus der Reihenschaltung der $\lambda/4$ -Platte 4, des Kristalls 5 und der $\lambda/4$ -Platte 6 austretenden Lichtes lässt sich mit Hilfe der Poincaré-Kugel veranschaulichen, die alle möglichen Polarisationszustände repräsentiert (vgl. auch "Principles of Optics" von Born und Wolf, Seiten 30 und 31).

Ein Polarisationszustand P wird durch eine Ellipse in der xy-Ebene (Fig. 2a) gekennzeichnet, deren Hauptsache L einen Winkel φ mit der x-Achse einschliesst, während die Diagonale D des umschriebenen Rechtecks einen Winkel $\sqrt{}$ mit L einschliesst. Das Achsenverhältnis der Ellipse wird durch $\text{tg } \sqrt{}$ gegeben.

Auf der Poincaré-Kugel (Fig. 2b) wird der Punkt P durch die Winkel 2φ und $2\sqrt{}$ gekennzeichnet. Es gibt eine eindeutige

909827#1347

Beziehung zwischen dem Polarisationszustand und dem zugehörigen Punkt auf der Kugel.

Der Winkel $\alpha = 0^\circ$ (linear polarisiertes Licht, siehe Fig. 2a) entspricht Punkten auf dem Aequator der Kugel, d.h. der Aequator stellt sämtliche lineare Zustände dar.

Der Winkel $\alpha = 45^\circ$ (zirkular polarisiertes Licht) entspricht den Polen (A_1 und A_2) der Kugel.

Lineare Phasenanisotropie, wie sie bei doppelbrechenden Kristallen auftritt, kann als eine Drehung um eine Achse in der Aequatorebene dargestellt werden.

Auf der Poincaré-Kugel (Fig. 3) wird mit der Linie FG die Hauptrichtung der $\lambda/4$ -Platten 4 und 6 und mit der Linie ED die Hauptrichtung des Kristalls 5 dargestellt.

Es wird von einer beliebigen Lage der Polarisations-ebene der auf die $\lambda/4$ -Platte 4 auffallenden Strahlung ausgegangen. Die Linie B_0O , die mit der Achse FG einen Winkel α' einschliesst, repräsentiert die beliebige Lage.

Für jede beliebige Zeit t wird die durch die $\lambda/4$ -Platte 4 herbeigeführte Änderung des Polarisationszustandes der auffallenden polarisierten Strahlung durch eine Drehung um die Achse FG über 90° dargestellt. Der Punkt B_1 auf dem Kreis TFSG repräsentiert den Polarisationszustand der aus der $\lambda/4$ -Platte 4 austretenden Strahlung.

Im Kristall 5 ändert sich der Polarisationszustand der auffallenden Strahlung in Abhängigkeit von der augenblicklichen Spannung am Kristall. Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist $V = 0$. Der Kristall 5 beeinflusst das auffallende Licht nicht. Der Punkt B_1 repräsentiert

909827#1347

also auch den Polarisationszustand der aus dem Kristall 5 austretenden Strahlung.

Zum Zeitpunkt $t = T/4$ ist $V = V_0$. Der Kristall 5 ändert den Polarisationszustand des auffallenden Lichtes. Der Punkt B_2 auf dem Kreis TFSG, der durch Drehung um die Achse DE gebildet ist, repräsentiert den Polarisationszustand der aus dem Kristall 5 austretenden Strahlung.

Zum Zeitpunkt $t = T/2$ ist $V = 0$. Der Punkt B_1 repräsentiert den Polarisationszustand der aus dem Kristall austretenden Strahlung.

Zum Zeitpunkt $t = 3/4 T$ ist $V = -V_0$. Der Kristall 5 ändert den Polarisationszustand des auffallenden Lichtes. Der Punkt B_3 auf dem Kreis TFSG repräsentiert den Polarisationszustand der aus dem Kristall 5 austretenden Strahlung.

Die $\lambda/4$ -Platte 6 ändert den Polarisationszustand der auffallenden Strahlung. Diese Änderung wird durch eine Drehung über 90° um die Achse FG dargestellt. Der Punkt B_4 , bzw. B_5 , bzw. B_6 auf dem Äquator repräsentiert zum Zeitpunkt $t = 0$ und $t = T/2$, bzw. $T/4$, bzw. $3/4 T$ den Polarisationszustand der aus der $\lambda/4$ -Platte 6 austretenden linear polarisierten Strahlung. Die Geschwindigkeit, mit der der Punkt B_4 den Äquator zwischen den Punkten B_5 und B_6 durchläuft, ist harmonisch. Die Spannung am Kristall 5 hat ja einen sinusförmigen Verlauf.

Die Lage des Azimuts der aus der $\lambda/4$ -Platte 6 austretenden Strahlung wird durch $\alpha = \alpha_0 + \beta \sin \omega t$ dargestellt. Dabei ist α_0 die Lage der Polarisationsebene in bezug auf eine beliebige

90982711347

BAD ORIGINAL

Ebene zum Zeitpunkt $t = 0$, während β die Amplitude des Drehungswinkels der Polarisationssebene darstellt.

Die linear polarisierte Strahlung mit dem Azimut $\alpha = \alpha_0 + \beta \sin \omega t$ fällt zunächst auf den Teilspiegel 20 und dann auf die Polarisatoren 21 bzw. 22. Die Polarisationsrichtungen 23 und 24 der Polarisatoren 21 und 22 schliessen miteinander einen Winkel von 45° ein. Die Intensität der Strahlung hinter dem Polarisator 21 und die der Strahlung hinter dem Polarisator 22 bestimmen zusammen eindeutig die augenblickliche Lage der Polarisationssebene der Strahlung.

Die Strahlung wird von dem Detektor 33 bzw. 34 in eine elektrische Spannung der Form

$$S_1 = \text{Konstante} + S \sin^2(\alpha_0 + \beta \sin \omega t) \text{ bzw.}$$

$$S_2 = \text{Konstante} + S \cos^2(\alpha_0 + \beta \sin \omega t)$$

umgewandelt.

Aus diesen Spannungen kann dann auf folgende an Hand der Fig. 4 zu beschreibende Weise eine Anzeige erhalten werden. Die Amplitude β wird klein, z.B. 0,2 Radiant, gewählt. Die Obenstehenden Formeln entsprechen dann annähernd

$$S_1 = \text{Konstante} + S \sin 2\alpha_0 + 2\beta S \cos 2\alpha_0 \sin \omega t$$

$$S_2 = \text{Konstante} + S \cos 2\alpha_0 - 2\beta S \sin 2\alpha_0 \sin \omega t.$$

Die erwähnten Signale werden den Vorrichtungen 35 und 36 zugeführt, denen gleichfalls Spannungen aus den Quellen 40 bzw. 41 zugeführt werden, die mit $\sin \omega t$ proportional sind. In den Vorrichtungen 35 und 36, die je z.B. einen Hall-Generator enthalten können, wird das Produkt der beiden Spannungen gebildet. Die Misch-

909827/1347

produkte werden den Tiefpassfiltern 37 und 38 zugeführt, die z.B. Signale mit Frequenzen bis zu $\frac{1}{2} \omega$ durchlassen. An den Ausgängen der Filter treten dann Spannungen auf, die mit $\cos 2\alpha_0$ bzw. mit $\sin 2\alpha_0$ proportional sind, welche auf bekannte Weise weiter verarbeitet werden können.

Es ist einleuchtend, dass die Signale nicht nur auf diese u.a. aus der französischen Patentschrift 1.308.993 bekannte Weise, sondern auch auf andere bekannte Weisen, u.a. auf die weiter in der erwähnten Patentschrift beschriebenen Weisen, verarbeitet werden können.

Die Polarisations Ebene des linear polarisierten Strahlungsbündels kann statt einer harmonischen Drehung eine lineare Drehung vollführen. Die aus dem strahlungsempfindlichen Detektor austretenden Signale haben dann eine verhältnismässig einfache Form. Fig. 5 zeigt ein Beispiel einer Vorrichtung, die die Polarisations Ebene mit einer konstante Geschwindigkeit dreht.

In der Vorrichtung nach Fig. 5 fällt die von der Lichtquelle 51 ausgehende und von der Linse 52 in ein paralleles Bündel umgewandelte linear polarisierte Strahlung auf die Reihenschaltung dreier KDP-Kristalle 54, 55 und 56 auf. Die Hauptrichtungen 61 und 63 der Kristalle 54 und 56 sind zueinander parallel, während die Hauptrichtung 62 des Kristalls 55 mit den Hauptrichtungen der Kristalle 54 und 56 einen Winkel von 45° einschliesst. An die Kristalle 54 und 56 wird eine Wechselspannung $V_1 = V \sin \omega t$ aus der Wechselspannungsquelle 58 angelegt, während an den Kristall 55 eine Wechselspannung $V_2 = V' \cos \omega t$ aus der Wechselspannungsquelle 59 angelegt wird.

909827/1347

Die Spannungen V und V' sind derart angelegt, dass die von den Spannungen in den Kristallen 54 und 56, bzw. 55 erzeugte Feldstärke zu der Fortpflanzungsrichtung des Lichtes im betreffenden Kristall parallel ist.

Die Amplitude V ist derart gross, dass linear polarisiertes auf den Kristall 54 bzw. 56 auffallendes Licht bei dieser Spannung in zirkular polarisiertes Licht umgewandelt wird. V wird ja derart gross gewählt, dass ein Phasenunterschied von $1/4$ Wellenlänge zwischen den beiden Schwingungen auftritt, die beim Durchlaufen des betreffenden Kristalls aus dem linear polarisierten Licht gebildet werden.

Die Spannung V' wird derart gross gewählt, dass bei dieser Spannung ein Phasenunterschied von $\frac{1}{2}$ Wellenlänge zwischen den beiden Schwingungen auftritt, die beim Durchlaufen des Kristalls 55 aus dem linear polarisierten Licht gebildet werden; mit anderen Worten: es tritt wieder linear polarisiertes Licht aus dem Kristall 55 aus.

Für fünf Zeitpunkte lässt sich die Lage der Polarisationssebene des austretenden Lichtes leicht errechnen.

Die Lage der Polarisationssebene hat sich für diese fünf Zeitpunkte, nämlich für $t = 0$, $t = 1/8 T$, $t = 1/4 T$, $t = 3/8 T$ und $t = \frac{1}{2} T$, nahezu proportional mit der Zeit t gedreht. Für zwischenliegende Zeitpunkte gibt es Abweichungen von der Proportionalität. Die Drehgeschwindigkeit der Polarisationssebene ist nicht völlig konstant. Ausserdem ist das aus der Reihenschaltung der Kristalle austretende Licht für zwischenliegende Zeitpunkte etwas elliptisch

909827/1347

polarisiert. Die Annäherung an die Zeitlinearität der Drehung und an die Linearität des polarisierten Lichtes lassen sich dadurch verbessern, dass entweder die Spannungen V und V' geeignet gewählt oder aber mehrere Kristalle mit geeigneter Anregung angewandt werden. Im letzteren Falle müssen die ungeradzahligen und geradzahligen Kristalle zusammen zum Zeitpunkt $t = 0$ und zum Zeitpunkt $t = 1/4 T$ eine Anisotropie von nahezu $\frac{1}{2} \lambda$ aufweisen.

Auf der Poincaré Kugel wird (Fig. 6a) mit der Linie FG die Hauptrichtung des Kristalls 55 und mit der Linie ED die Hauptrichtung der Kristalle 54 und 56 dargestellt.

Es wird von einer beliebigen Lage der Polarisations-ebene des linear polarisierten auf den Kristall 54 auffallenden Bündels ausgegangen. Die Linie A_0O , die mit der Achse FG einen Winkel α einschliesst, repräsentiert diese beliebige Lage.

Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist nur der Kristall 55 wirksam. Der Polarisationszustand der aus dem Kristall 55 austretenden Strahlung wird durch Drehung von A_0 über 180° um die Achse FG gefunden. Der Punkt A_1 auf dem Äquator repräsentiert den Polarisationszustand der aus dem Kristall 56 austretenden linear polarisierten Strahlung.

Zum Zeitpunkt $t = T/4$ sind nur die Kristalle 54 und 56 wirksam. Der Polarisationszustand der austretenden Strahlung wird durch Drehung um die Achse DE über 180° gefunden. Der Punkt A_2 auf dem Äquator repräsentiert den Polarisationszustand der aus dem Kristall 56 austretenden linear polarisierten Strahlung.

909827/1347

BAD ORIGINAL

Zum Zeitpunkt $t = T/8$ ist $V_1 = V \sin \omega t = V \sin 2\pi/T \cdot T/8 = 0,7 V$ und ist $V_2 = V' \cos \omega t = 0,7 V'$.

Der Polarisationszustand der aus dem Kristall 54 austretenden Strahlung wird durch Drehung des Punktes A_0 über $0,7 \cdot 90^\circ = 63^\circ$ um die Achse DE gefunden (Fig. 6b). Der Punkt A_3 wird dann erreicht. Der Polarisationszustand der dann den Kristall 55 durchlaufenden Strahlung wird durch Drehung um die Achse FG über $2 \cdot 0,7 \cdot 90^\circ = 126^\circ$ gefunden. Diese Drehung wird durch den Bogen $A_3 A_4$ dargestellt. Schliesslich durchläuft die Strahlung den Kristall 56. Der Polarisationszustand der aus dem Kristall 56 austretenden Strahlung wird durch Drehung über 63° um die Achse DE gefunden. Man erreicht den Punkt A_5 in der Nähe des Äquators. Das austretende Licht ist somit nahezu linear polarisiert. Der Azimut des Polarisationszustandes A_5 liegt etwa halbwegs zwischen dem Azimut für A_1 ($t = 0$) und dem für A_2 ($t = T/4$).

Zum Zeitpunkt $t = 3/8 T$ ist $V_1 = V \sin \omega t = V \sin 2\pi/T \cdot 3/8 T = 0,7 V$ und ist $V_2 = V' \cos \omega t = -0,7 V'$.

In Fig. 6c sind die Punkte dargestellt, die den Polarisationszustand nach dem Durchlaufen des Kristalls 54 (Punkt A_6), nach dem Durchlaufen des Kristalls 55 (Punkt A_7 , der durch Drehung um die Achse DE über -127° entsteht) und nach dem Durchlaufen des Kristalls 56 (Punkt A_8) repräsentieren. Der Punkt A_8 liegt in unmittelbarer Nähe des Äquators. Das austretende Licht ist wieder nahezu linear polarisiert. Der Punkt A_8 liegt nahezu in gleicher Entfernung vom Punkt A_1 ($t = T/2$) wie vom Punkt A_2 ($t = T/4$) (vgl. Fig. 6a).

909827/1347

Aus der Reihenschaltung der drei KDP-Kristalle 54,55 und 56 treten periodische Signale aus, die annähernd (das dritte Glied und die weiteren Glieder der mathematischen Reihe können in bezug auf die ersten beiden Glieder vernachlässigt werden) durch:

$$S_3 = \text{Konstante} + P \sin^2(\alpha_0 + \omega t) \text{ und}$$

$$S_4 = \text{Konstante} + P \cos^2(\alpha_0 + \omega t)$$

dargestellt werden. Aus diesen Signalen kann auf bekannte Weise, z.B. durch Vergleichung der Phase eines dieser Signale mit der des Signals $V_1 = V \sin \omega t$, die Lage α_0 der Polarisationssebene der auf die Reihenschaltung auffallenden linear polarisierten Strahlung bestimmt werden.

Signale vom Typ S_3 und S_4 werden auch erhalten, wenn in der Vorrichtung nach Fig. 1 an den Kristall 5 eine Sägezahnspannung aus der Quelle 10 angelegt wird, wobei der Unterschied zwischen dem Höchstwert und dem Mindestwert der Spannung derart gross gewählt wird, dass ein Phasenunterschied einer ganzen Wellenlänge zwischen den Schwingungen auftritt, die beim Durchlaufen des Kristalls 5 aus dem linear polarisierten Licht gebildet werden.

Die erhaltenen Signale können auf bekannte Weise mit den Nulldurchgängen der Sägezahnspannung verglichen werden. Bei der Verarbeitung der Signale muss dafür gesorgt werden, dass das Detektionssystem während des kurzzeitigen Rückschlags der Sägezahnspannung unwirksam gemacht wird.

909827/1347

UNREINO GAN

PATENTANSPRUCHE:

1. Vorrichtung zum Detektieren der Lage der Polarisations-ebene eines linear polarisierten Strahlungsbündels mit Hilfe eines strahlungsempfindlichen Detektionssystems, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang eine Reihenschaltung mindestens dreier doppelbrechender Elemente angeordnet ist, von denen wenigstens eines durch einen elektro-optischen Kristall gebildet wird, wobei die gegenseitige Orientierung dieser Elemente und die an die Kristalle angelegten elektrischen Spannungen geeignet gewählt sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihenschaltung aus zwei $\lambda/4$ -Platten besteht, die eine gleiche Orientierung haben und zwischen denen ein elektro-optischer Kristall angeordnet ist, dessen Orientierungsrichtung mit den Orientierungsrichtungen der $\lambda/4$ -Platten einen Winkel von 45° einschliesst und an den eine geeignete elektrische Spannung angelegt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an den elektro-optischen Kristall eine Sägezahnspannung angelegt ist, wobei der Spannungsunterschied zwischen dem Höchstwert und dem Mindestwert dieser Spannung einer Phasenanisotropie einer Wellenlänge der linear polarisierten Strahlung entspricht.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihenschaltung aus drei elektro-optischen Kristallen besteht, wobei die Hauptrichtung des mittleren Kristalls einen Winkel von 45° mit den zueinander parallelen Hauptrichtungen der beiden übrigen Kristalle einschliesst.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reihenschaltung aus $(2n+1)$ elektro-optischen Kristallen

909827/1347

BAD ORIGINAL

besteht, (wobei n gleich einer ganzen Zahl ist), derart, dass die Hauptrichtung der geradzahligten Kristalle mit der der ungeradzahligten Kristalle einen Winkel von 45° einschliesst.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung an den ungeradzahligten Kristallen der Reihenschaltung von der an den geradzahligten Kristallen um 90° in der Phase verschieden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der Spannung an jedem der äusseren Kristalle einem Weglängenunterschied von nahezu einer Viertelwellenlänge im betreffenden Kristall entspricht, während die Amplitude der Spannung am mittleren Kristall einem Weglängenunterschied von nahezu einer halben Wellenlänge in diesem Kristall entspricht.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kristall aus mehreren Teilkristallen besteht und dass die Amplitude der Spannung an jedem Teilkristall ein Faktor kleiner als die am ungeteilten Kristall ist, welcher Faktor der Anzahl Teilkristalle proportional ist.

- - -

909827/1347

BAD ORIGINAL

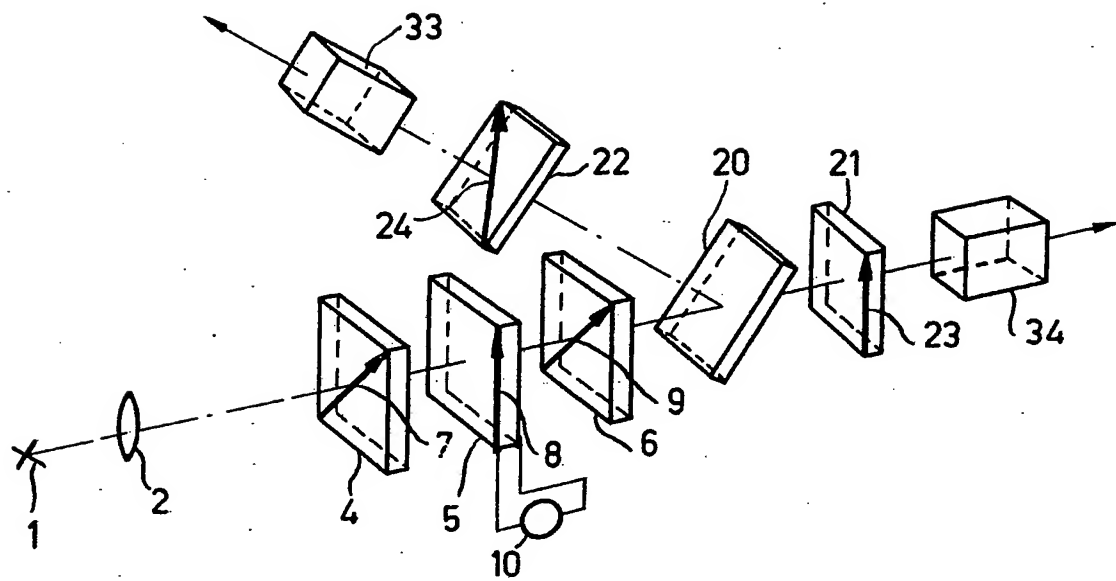


FIG. 1

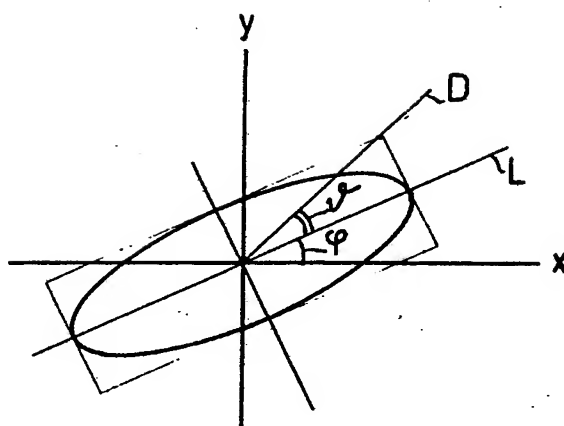


FIG 2a

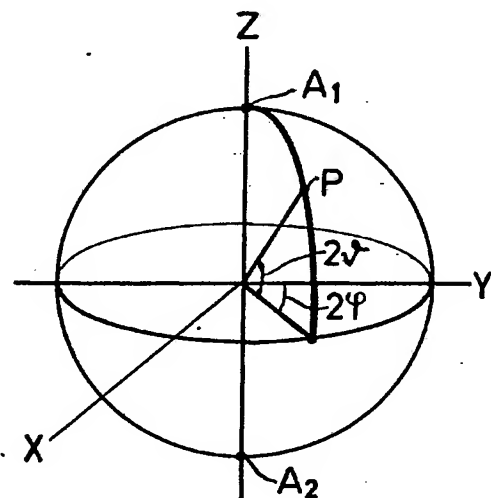


FIG. 2b

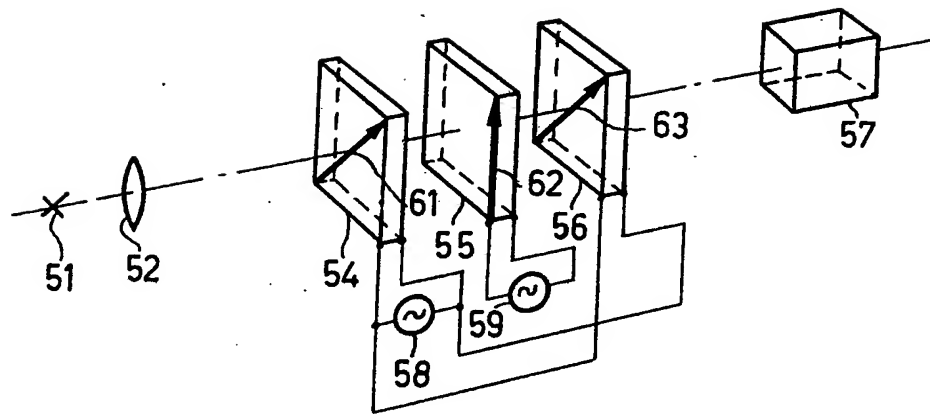


FIG. 5

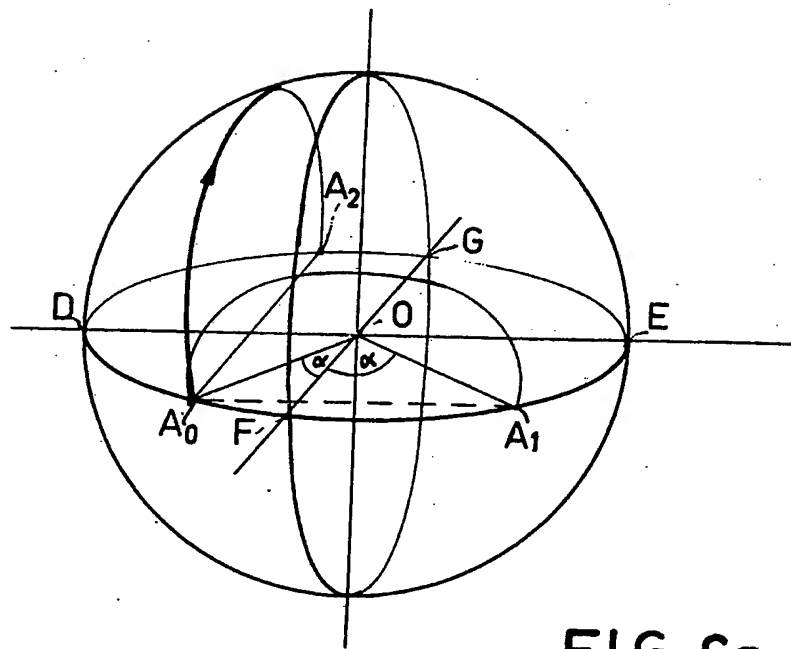


FIG. 6a

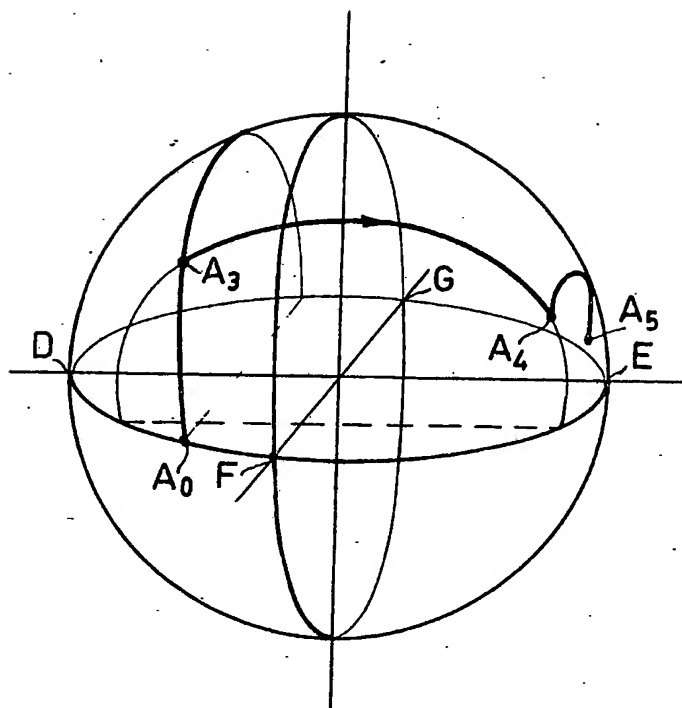
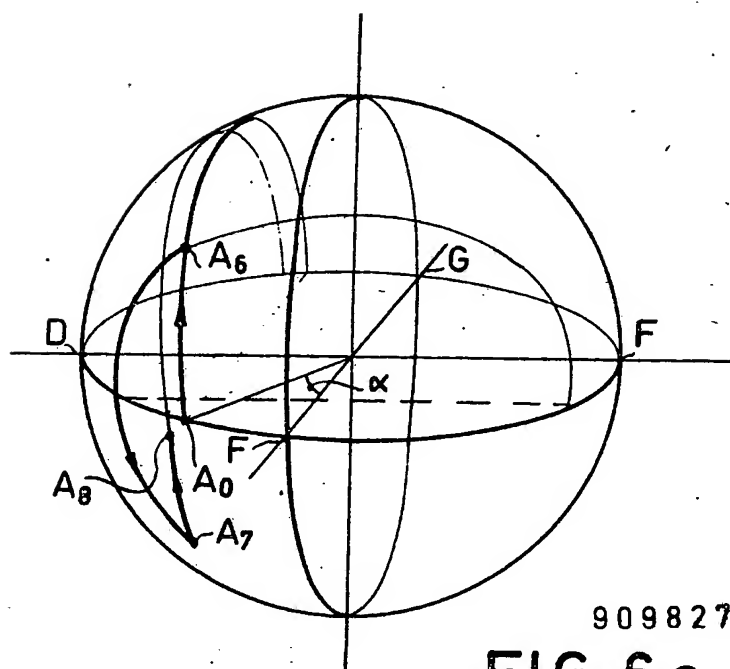


FIG. 6b



909827/1347

FIG. 6c